

PLASMA CVD DEVICE AND IN-SITU CLEANING AFTER-TREATING METHOD

Publication number: JP8241865 (A)

Publication date: 1996-09-17

Inventor(s): DOI SATOSHI

Applicant(s): ANERUBA KK

Classification:

- international: C23C16/24; C23C16/44; C23C16/50; C23C16/56; C23F4/00; H01L21/205; H01L21/302; H01L21/3065; H01L21/31; C23C16/22; C23C16/44; C23C16/50; C23C16/56; C23F4/00; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/3065; H01L21/205; C23C16/44; C23C16/50; C23F4/00; H01L21/31

- European: C23C16/24; C23C16/44A6; C23C16/56

Application number: JP19950070911 19950303

Priority number(s): JP19950070911 19950303

Also published as:

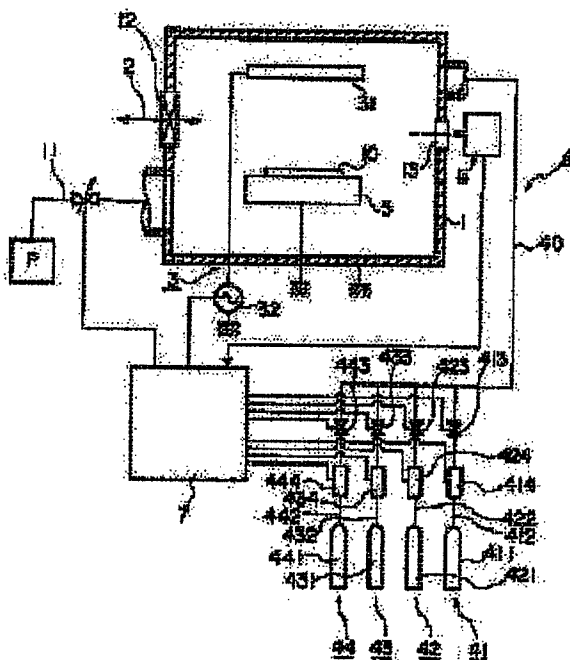
JP3571404 (B2)

US5632821 (A)

KR100189219 (B1)

Abstract of JP 8241865 (A)

PURPOSE: To efficiently carry out an in-situ cleaning after-treatment which removes residues deposited inside a reaction chamber after a CVD treatment in a short time. **CONSTITUTION:** After-treatment gas material which contains the same component elements with a substrate thin film and generates volatile matter reacting with cleaning gas material is introduced into a reaction chamber 1 through a gas introducing means 4 at a flow rate that the deposition speed of a thin film is in a reaction rate-determining state. A plasma forming means 3 gives energy to after-treatment gas under such a condition that the deposition speed of the thin film is in a reaction rate-determining state to form plasma, cleaning gas material left as deposited is turned into volatile matter reacting with after-treatment gas, and the volatile matter is discharged out through an exhaust system 11. Cleaning gas material is removed without being trapped in the thin film.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-241865

(43) 公開日 平成8年(1996)9月17日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	
C 2 3 C 16/44			C 2 3 C 16/44	J
		16/50		
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
				F

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-70911

(22) 出願日 平成7年(1995)3月3日

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72) 発明者 土居 悟史

東京都府中市四谷5丁目8番1号日電アネ
ルバ株式会社内

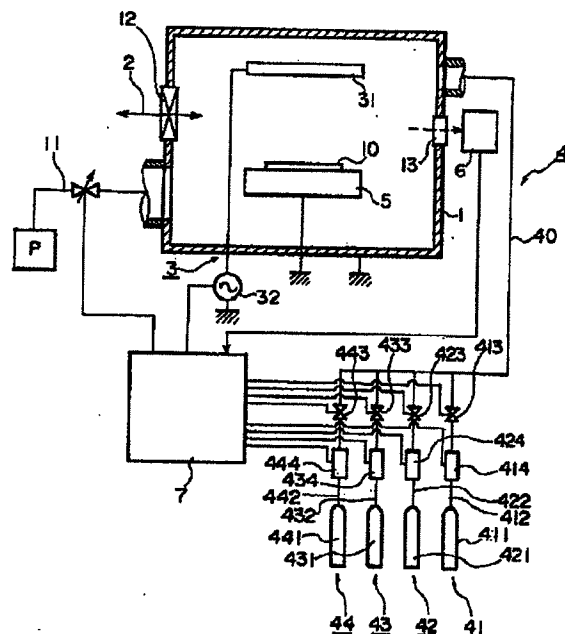
(74) 代理人 弁理士 保立 浩一

(54) 【発明の名称】 プラズマCVD装置及びその場クリーニング後処理方法

(57) 【要約】

【目的】 CVD処理後の反応容器内の付着残留物を除去するその場クリーニング後の後処理を、短時間に効率的に行えるようにする。

【構成】 基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であってクリーニングガス材料と反応して揮発物を生成する後処理用ガスを、薄膜の堆積速度が反応律速状態となる流量で反応容器1内にガス導入手段4により導入する。薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件でプラズマ形成手段3が後処理用ガスにエネルギーを与えてプラズマを形成し、付着残留したクリーニングガス材料が後処理用ガスと反応して揮発物を生成し、揮発物は排気系11により排出される。クリーニングガス材料は薄膜で閉じ込められることなく除去される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 排気系を備えて内部が排気可能に構成された反応容器と、該反応容器内にプラズマを形成するプラズマ形成手段と、薄膜形成用の反応性ガスを反応容器内へ導入するガス導入手段とを有し、該プラズマ形成手段によってプラズマを生成しこのプラズマによって反応性ガスを反応させ、反応容器内に配置された基板に基板薄膜を作成するプラズマCVD装置であって、前記ガス導入手段は、前のプラズマCVD処理によって反応容器内の構成物に付着残留した材料と反応してこの材料を除去するクリーニングガスを導入するガス導入系と、この除去の後に反応容器内に付着残留したクリーニングガス材料を除去するための後処理用ガスを導入するガス導入系とを含み、

この後処理用ガスのガス導入系は、作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であって前記クリーニングガス材料と反応して揮発物を生成することが可能な反応性ガスを後処理用ガスとして導入するものであり、かつ、この後処理用ガスのガス導入系は、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスを後処理の際に導入するものであり、

さらに、前記プラズマ形成手段は、付着残留したクリーニングガス材料に後処理用ガスを反応させて前記排気系により排気される揮発物を生成してクリーニングガス材料を閉じ込めることなく除去することが可能なプラズマを形成するものであり、かつ、このプラズマ形成手段は、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件でエネルギーを後処理の際に後処理用ガスに与えるものであることを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項2】 前記後処理用ガスには、前記薄膜形成用の反応性ガスと同じガスが採用されていることを特徴とする請求項1記載のプラズマCVD装置。

【請求項3】 前記後処理用ガスのガス導入系は、前記プラズマ形成手段が与えるエネルギーの単位エネルギー当たりの流量が基板薄膜の作成時よりも多くなるように後処理用ガスを後処理の際に反応容器に導入することができるよう構成されていることを特徴とする請求項2記載のプラズマCVD装置。

【請求項4】 前記基板に作成する基板薄膜は珪素系の薄膜であり、前記クリーニングガスはフッ素系のガスであり、前記後処理用ガスはシランであることを特徴とする請求項1、2又は3記載のプラズマCVD装置。

【請求項5】 前記後処理用ガスとの反応による前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少をモニターするモニター手段を備えていることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載のプラズマCVD装置。

【請求項6】 前記モニター手段は、前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少によって変量する

反応容器内の生成物のプラズマ発光強度を検出する分光器であることを特徴とする請求項5記載のプラズマCVD装置。

【請求項7】 前記モニター手段からの信号により、前記クリーニングガスを除去するための後処理を停止させる制御部を備えたことを特徴とする請求項6記載のプラズマCVD装置。

【請求項8】 排気系を備えて内部が排気可能に構成された反応容器内に基板を配置し、該反応容器内にプラズマを形成するとともに薄膜形成用の反応性ガスを反応容器内へ導入してプラズマにより所定の反応を生じさせて基板に基板薄膜を作成する際に、前のプラズマCVD処理によって反応容器内の構成物に付着残留した材料と反応してこの材料を除去することが可能なクリーニングガスを反応容器内に導入してクリーニングするその場クリーニングの後に行われる後処理方法であって、作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であって前記クリーニングガス材料と反応して揮発物を生成することが可能な材料の反応性ガスを後処理用ガスとして導入するとともに、その際の後処理用ガスの流量の条件を、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となるような条件とし、

さらに、後処理用ガスにエネルギーを与えてプラズマを形成し、このプラズマによって、付着残留したクリーニングガス材料に後処理用ガスを反応させて揮発物を生成し、この揮発物を前記排気系により排気することでクリーニングガス材料を閉じ込めることなく除去するとともに、その際、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスにエネルギーを与えることを特徴とするその場クリーニング後処理方法。

【請求項9】 前記後処理用ガスには、前記薄膜形成用の反応性ガスと同じガスが採用されていることを特徴とする請求項8記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項10】 前記後処理工程では、後処理用ガスに与えられるエネルギーの単位エネルギー当たりの流量が基板薄膜の作成時よりも多くなるように後処理用ガスを反応容器内に導入することを特徴とする請求項9記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項11】 前記基板に作成する基板薄膜は珪素系の薄膜であり、前記クリーニングガスはフッ素系のガスであり、前記後処理用ガスはシランであることを特徴とする請求項8、9又は10記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項12】 前記後処理用ガスとの反応による前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少をモニターすることを特徴とする請求項9、10又は11記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項13】 前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少のモニターは、この化学種の減少によ

って変量する反応容器内の生成物のプラズマ発光強度を分光器で検出することにより行われることを特徴とする請求項12記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項14】 前記モニター手段が、前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少が停止したのを検出した際に、前記クリーニングガスを除去するための後処理を停止することを特徴とする請求項12又は13記載のその場クリーニング後処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本願の発明は、LSI（大規模集積回路）やLCD（液晶ディスプレイ）等の製作に必要な薄膜作成の際に行われるプラズマ化学気相成長（Chemical Vapor Deposition, CVD）の技術に関し、特に、反応容器内のクリーニングを行うプラズマCVD技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 各種メモリや論理回路等のLSI及びLCDを構成するTFT（Thin Film Transistor）等の微細回路は、導電性又は非導電性の薄膜を基板上に作成し、これをフォトリソグラフィ法によってパターンニングすることにより形成される。このような微細回路用薄膜の材料としては、単結晶珪素、多結晶珪素、非晶質珪素、窒化珪素、酸化珪素、酸化窒化珪素等の珪素系の材料が多く用いられる。このような材料の薄膜を基板の表面に作成する方法としては、プラズマCVD法によるものが盛んに実用化されている。プラズマCVD法は、反応性ガスをプラズマによって分解等の反応を生じさせ、所定の材料の薄膜を基板上に作成する技術である。

【0003】 図8は、このようなプラズマCVD法を実施する従来のプラズマCVD装置の構成を説明する側面概略図である。図8に示すプラズマCVD装置は、減圧可能に構成された反応容器1と、該反応容器1内に順次基板10を搬入搬出する基板搬送系2と、該反応容器1内にプラズマを形成するプラズマ形成手段3と、所定の反応性ガスを反応容器1内へ導入するガス導入手段4等から主に構成されている。反応容器1は、具体的には排気系11が付設された真空容器であり、ターボ分子ポンプ等を備えることによって例えば 10^{-3} Pa程度まで減圧可能に構成される。

【0004】 この反応容器1の器壁には、基板10の搬入搬出のための出入口を構成するゲートバルブ12が設けられており、基板搬送系2は、このゲートバルブ12を通して基板10を反応容器1内に順次搬入搬出するようになっている。反応容器1内の所定の位置には、基板ホルダー5が設けられており、基板搬送系2によって搬入された基板10はこの基板ホルダー5上に載置されるようになっている。そして、基板10は、後述のプラズマCVD処理後、基板搬送系2によって搬出される。

尚、枚葉式かバッチ式かによって基板搬送系2の構成は若干異なり、枚葉式の場合には基板10を一枚ずつ反応容器1内に搬入搬出し、バッチ式は特定のサセプタ等により複数枚の基板10を支持しながら反応容器1内に搬入搬出するよう構成される。

【0005】 プラズマ形成手段3は、装置のタイプによって各種のものがある。図8には、その一例として、高周波によりプラズマを形成するものが示されている。即ち、プラズマ形成手段3は、上記基板ホルダー5に対向させた姿勢で反応容器1内に配置した板状の高周波電極31と、この高周波電極31に高周波電力を印加する高周波電源32と、印加される高周波をマッチングさせる不図示のマッチング器等から主に構成されている。尚、基板ホルダー5や反応容器1は接地されて、接地電位に保持される。ガス導入手段4は、上記プラズマ形成手段3が形成するプラズマによって気相反応を生じて基板10に薄膜を堆積させるためのガス（以下、基板薄膜用ガス）を反応容器1内に導入するよう構成されている。その他、プラズマを形成するための水素等のガスやガスを反応容器1に導くためのキャリアガス等が補助的に導入される場合がある。

【0006】 図8に示す従来のプラズマCVD装置は、以下の如く動作する。まず、基板搬送系2が基板10を反応容器1内に搬入して基板ホルダー5上に載置する。そして、反応容器1の排気系11が動作して反応容器1内を例えば 10^{-3} Pa程度まで減圧する。次に、ガス導入手段4が所定の基板薄膜用ガスを反応容器1内に導入する。この状態でプラズマ形成手段3が動作し、高周波電源32によって例えば13.56 MHz程度の高周波電力が高周波電極31に印加される。印加された高周波電力によって反応容器1内のガスが電離してプラズマが生成され、これによって基板薄膜用ガスが所定の反応を生じる。この結果、基板10の表面に所定の薄膜が堆積する。薄膜が所定の膜厚に達すると、ガス導入及び高周波の印加が停止され、基板搬送系2によって基板10が搬出される。具体的な材料について説明すると、例えば非晶質珪素の薄膜を基板上に作成する場合には、モノシラン等のシランガスと水素ガスとを混合して導入し、プラズマによってシランガスを分解して非晶質珪素の薄膜を基板上に堆積させるようにする。

【0007】 さて、上述のようなプラズマCVD法では、作成される薄膜の膜質を向上させることが重要な課題の一つとなっている。膜質低下の主要な原因の一つは、薄膜内部への異物の混入によるものがある。異物の混入は、上述のようなプラズマCVD装置の場合、前の工程で反応容器内の電極や基板ホルダー、器壁等の構成物（以下、構成物と略す）の表面に付着残留した材料の剥離によるものがある。

【0008】 例えば、プラズマCVD装置によって基板上にPN接合の薄膜を得る場合、まず珪素半導体を得る

ためのシランガス中に3価の不純物B, Al, Ga, In等を含む不純物気体(例えばジボラン(B_2H_6))を添加したガスを使用してプラズマCVDを行い、P型半導体層を得る。その後、シランガス中に5価の不純物P, As等を含む不純物(例えばフォスフィン(PH_3)やアルシン(AsH_3))を添加したガスを使用してプラズマCVDを行い、N型半導体層を得る。この場合、先のP型半導体層のCVD工程の際に反応容器内の構造物に付着残留したホウ素(B)などが、後のN型半導体層のCVD工程の際に剥離して薄膜中に混入してしまう。このような異物混入があると、N型半導体層の電気伝導度が低下し、期待された半導体特性が得られなくなってしまう。

【0009】従来、このような反応容器内の構造物に付着残留した材料の剥離による異物混入を防止する手段として、CVD工程の後に反応容器内をクリーニングする「その場クリーニング」と呼ばれる手法が実施されている。このその場クリーニングは、反応容器を大気圧に戻して解放して行う大がかりなクリーニングではなく、CVD工程の後に大気圧に戻すことなく放電プラズマ等を利用してクリーニングを行うものである。

【0010】その場クリーニングの最も一般的な手法は、前の工程の材料が付着残留した反応容器の構造物の表面に反応性の高いフッ素系等のガスをクリーニングガスとして供給して、付着残留物を除去するものである。即ち、CVD工程を終了して基板を反応容器から搬出した後、ガス導入系を動作させてフッ素系のガス(例えば四フッ化炭素や三フッ化窒素等)を導入する。この状態でプラズマ形成手段を動作させてプラズマを生成し、このプラズマ中で生成されたフッ素活性種により付着残留物をエッチングして除去するのである。エッチングされた材料は、排気系によって反応容器外に排出されるので、つぎのCVD工程で異物となる心配が無い。尚、「その場クリーニング」の「その場」というのは、「CVD工程が終了した後に反応容器内を大気圧に戻すことなく」という意味である。但し、その場クリーニングの際の反応容器内の圧力は前のCVD工程の際の圧力と異なっている場合がある。また、CVD工程とその場クリーニング工程の間に、反応容器内を大気圧に戻すことなく行われる他の工程が介在される場合もある。

【0011】このようなその場クリーニングによって前の工程での付着残留物の除去が可能になるのであるが、その場クリーニングのために反応容器内に導入したクリーニングガス材料が反応容器内に付着残留してさらに別の問題を発生させる。即ち、このような反応性の高いガス材料が反応容器内に付着残留していると、次のCVD工程において遊離して基板薄膜中に混入して異物となる問題がある。また、その場クリーニングに用いられるガスは、フッ素系ガス等の反応性の極めて高いガスであり、詳細なメカニズムは解明されていないものの、この

ような反応性の高いガスが遊離して存在することによって薄膜堆積反応が阻害され、薄膜堆積速度が低下する問題もある。

【0012】このようなクリーニングガス材料の付着残留に起因した問題を解決する方法として、従来、次のような方法が提案されている。この方法は、化学的な手法によってクリーニングガスを除去して後のCVD工程において支障の無いようにするものである。具体的には、付着残留したクリーニングガス材料と反応してクリーニングガス材料を揮発性の高いガス材料に転換させて排気系によって排出可能とするガスを導入するものである。例えば、前述のフッ系のガスがクリーニングガスとして用いられた場合には、水素ガスを導入し、水素プラズマを生成するようにする。プラズマ中で生じた励起水素は、残留したフッ素化学種(フッ素単体、フッ素化合物等)と反応してフッ化水素を生成する。フッ化水素は蒸気圧が高いため、排気系によって反応容器外に搬出され、反応容器内には残留しない。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述のような方法により、その場クリーニング後に反応容器内に付着残留したクリーニングガス材料の影響を除去するための処理(以下、後処理と略す)が可能であるものの、この方法は、後処理に要する時間が長いという問題を有している。即ち、前述のように励起水素によってフッ素化学種を除去する場合、プラズマは反応容器内の中央においてプラズマ密度が大きく、周囲にいくに従って次第に弱くなる分布を有する。そして、そのような水素放電プラズマ中における励起水素の生成量や寿命の要因により、水素放電だけで反応容器内全域(特に放電プラズマの届きにくい器壁領域)に十分な励起水素を供給するには、数十分にも及ぶ長い時間を要することになる。このような長時間を要する工程が付加されることは、量産用のプラズマCVD装置としては甚だ好ましくない。

【0014】本願発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、上述のような後処理を、短時間に効率的に行うことを可能し、良質な薄膜を高い生産性で作成することができるようなプラズマCVD装置及びその場クリーニング後処理方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本願の請求項1記載の発明は、排気系を備えて内部が排気可能に構成された反応容器と、該反応容器内にプラズマを形成するプラズマ形成手段と、薄膜形成用の反応性ガスを反応容器内へ導入するガス導入手段とを有し、該プラズマ形成手段によってプラズマを生成しこのプラズマによって反応性ガスを反応させ、反応容器内に配置された基板に基板薄膜を作成するプラズマCVD装置であって、前記ガス導入手段は、前のプラズマCVD

処理によって反応容器内の構成物に付着残留した材料と反応してこの材料を除去するクリーニングガスを導入するガス導入系と、この除去の後に反応容器内に付着残留したクリーニングガス材料を除去するための後処理用ガスを導入するガス導入系とを含み、この後処理用ガスのガス導入系は、作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であって前記クリーニングガス材料と反応して揮発物を生成することが可能な反応性ガスを後処理用ガスとして導入するものであり、かつ、この後処理用ガスのガス導入系は、導入した後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスを後処理の際に導入するものであり、さらに、前記プラズマ形成手段は、付着残留したクリーニングガス材料に後処理用ガスを反応させて前記排気系により排気される揮発物を生成してクリーニングガス材料を閉じ込めることなく除去することが可能なプラズマを形成するものであり、かつ、このプラズマ形成手段は、導入される後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件でエネルギーを後処理の際に後処理用ガスに与えるものであるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項2記載の発明は、上記請求項1の構成において、後処理用ガスには、薄膜形成用の反応性ガスと同じガスが採用されているという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項3記載の発明は、上記請求項2の構成において、後処理用ガスのガス導入系は、プラズマ形成手段が与えるエネルギーの単位エネルギー当たりの流量が基板薄膜の作成時よりも多くなるように後処理用ガスを後処理の際に反応容器に導入することができるよう構成されているまた同様に上記目的を達成するため、本願の請求項4記載の発明は、上記請求項1、2又は3の構成において、基板に作成する基板薄膜は珪素系の薄膜であり、クリーニングガスはフッ素系のガスであ、後処理用ガスはシランであるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項5記載の発明は、上記請求項1、2、3又は4の構成において、後処理用ガスとの反応によるクリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少をモニターするモニター手段を備えているという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項6記載の発明は、上記請求項5の構成において、モニター手段は、クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少によって変量する反応容器内の生成物のプラズマ発光強度を検出する分光器であるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項7記載の発明は、上記請求項6の構成において、モニター手段からの信号により、クリーニングガスを除去するための後処理を停止させる制御部を備えている。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項8記載の発明は、排気系を備えて内部が排気可能に構成された反応容器内に基板を配置し、該

反応容器内にプラズマを形成するとともに薄膜形成用の反応性ガスを反応容器内へ導入してプラズマにより所定の反応を生じさせて基板に基板薄膜を作成する際に、前のプラズマCVD処理によって反応容器内の構成物に付着残留した材料と反応してこの材料を除去することが可能なクリーニングガスを反応容器内に導入してクリーニングするその場クリーニングの後に行われる後処理方法であって、作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であって前記クリーニングガス材料と反応して揮発物を生成することが可能な材料の反応性ガスを後処理用ガスとして導入するとともに、その際の後処理用ガスの流量の条件を、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となるような条件とし、さらに、後処理用ガスにエネルギーを与えてプラズマを形成し、このプラズマによって、付着残留したクリーニングガス材料に後処理用ガスを反応させて揮発物を生成し、この揮発物を前記排気系により排気することでクリーニングガス材料を閉じ込めることなく除去するとともに、その際、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスにエネルギーを与えるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項9記載の発明は、上記請求項8の構成において、後処理用ガスには、薄膜形成用の反応性ガスと同じガスが採用されているという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項10記載の発明は、上記請求項9の構成において、後処理工程では、後処理用ガスに与えられるエネルギーの単位エネルギー当たりの流量が基板薄膜の作成時よりも多くなるように後処理用ガスを反応容器内に導入するという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項11記載の発明は、上記請求項9又は10の構成において、基板に作成する基板薄膜は珪素系の薄膜であり、クリーニングガスはフッ素系のガスであり、後処理用ガスはシランであるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項12記載の発明は、上記請求項9、10又は11の構成において、後処理用ガスとの反応によるクリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少をモニターするという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項13記載の発明は、上記請求項12の構成において、クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少のモニターは、前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少によって変量する反応容器内の生成物のプラズマ発光強度を分光器で検出することにより行われるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項14記載の発明は、上記請求項13の構成において、生成物の量の増加が飽和したのを検出した際に、クリーニングガスを除去するための後処理を停止するという構成を有する。

【0016】

【作用】上記構成に係る本願発明のプラズマCVD装置およびその場クリーニング後処理においては、あるプラズマCVD処理の後に、クリーニングガス導入系によってクリーニングガスが反応容器内に導入され、反応容器内の構成物に付着残留した材料がクリーニングガスと反応して除去される。次に、後処理用ガスが反応容器内に導入され、反応容器内の構成物に付着残留したクリーニングガス材料に反応して揮発物を生成する。この揮発物は、排気系によって反応容器から排出される。

【0017】

【実施例】以下、本願発明の実施例を説明する。図1は、本願発明のプラズマCVD装置の実施例を説明する側面概略図である。図1に示すプラズマCVD装置は、排気系11を備えて内部が排気可能に構成された反応容器1と、反応容器1内に配置された基板ホルダー5と、反応容器1内に基板10を搬入して基板ホルダー5上に載置し、CVD処理後に基板10を反応容器1外に搬出する基板搬送系2と、反応容器1内にプラズマを形成するプラズマ形成手段3と、各種のガスを反応容器1内へ導入するガス導入手段4と、プラズマにより生成される生成物の量をモニターするモニター手段6と、装置全体の動作を制御する制御部7等から主に構成されている。

【0018】反応容器1は、排気系11が付設された真空容器であり、基板10の搬入搬出のためのゲートバルブ12を器壁に備えている。排気系11は、ターボ分子ポンプ等を備えることによって反応容器1内を例えば 10^{-3} Pa程度まで減圧可能に構成される。枚葉式かバッチ式かによって基板搬送系2の構成は若干異なり、枚葉式の場合には基板10を一枚ずつ反応容器1内に搬入搬出し、バッチ式は特定のサセプタ等により複数枚の基板10を支持しながら反応容器1内に搬入搬出するよう構成される。尚、基板10としては、本実施例では、液晶ディスプレイを構成する液晶基板が想定されている。このような液晶基板に対するプラズマCVD処理としては、TFTの電極部として非晶質珪素の薄膜を作成する場合があげられる。

【0019】プラズマ形成手段3は、装置のタイプによって各種のものがある。図1に示す実施例では、その一例として、高周波によりプラズマを形成するものが示されている。即ち、プラズマ形成手段3は、上記基板ホルダー5に対向させた姿勢で反応容器1内に配置した板状の高周波電極31と、この高周波電極31に高周波電力を印加する高周波電源32と、印加される高周波をマッチングさせる不図示のマッチング器等から主に構成されている。尚、基板ホルダー5や反応容器1の器壁は接地されて、接地電位に保持される。

【0020】ガス導入手段4は、複数種のガスを反応容器1に導入できるよう、複数のガス導入系41、42、43、44から構成されている。各々のガス導入系41、42、43、44は、所定のガスを収容したガスタ

ンク411、421、431、441と、ガスタンク411、421、432、441を反応容器1に連通させる配管412、422、432、442と、配管412、422、432、442上に設けられたコンダクタンスバルブ413、423、433、443、マスフローコントローラ414、424、434、444及び不図示の流量計やフィルター等から構成されている。上記ガス導入手段4は、基板薄膜用ガスのガス導入系41と、クリーニングガスのガス導入系42と、後処理用ガスのガス導入系41とを含み、その他、プラズマ生成のために補助的に導入される補助ガスのガス導入系43やキャリアガスのガス導入系44等を備えている。

【0021】具体的なガスの例について説明すると、基板薄膜用ガスのガス導入系41はモノシランガスを導入するものであり、クリーニングガスのガス導入系42はクリーニングガスとして三フッ化窒素を導入するよう構成されている。また、後処理用ガスとしては、後述のように基板薄膜用ガスと同じモノシランガスが用いられており、基板薄膜用ガスの導入系41と後処理用ガス導入系41とは兼用されている。尚、本実施例では、補助ガスとして水素ガスがモノシランガスに混合されて導入されるようになっており、水素ガスのガス導入系43を備えている。これらのガス導入系41、42、43、44の配管413、423、433、443は、反応容器1に接続された主配管40に接続されている。

【0022】モニター手段6は、具体的にはプラズマにより励起された材料の発光強度を検出する分光器である。反応容器1の器壁には、検出波長の光を充分透過する材料で形成された観察窓13が設けられており、反応容器1内のプラズマにより生じた光をこの観察窓13を通して受光可能な位置に、分光器が配置されている。

【0023】装置全体の動作を制御する制御部7は、装置の動作プログラムを格納したメモリや各種信号の入出力回路、制御動作の判断を行う中央演算回路等から構成されている。制御部7からの制御信号は、高周波電源32、排気系11、ガス導入手段4に設けられたコンダクタンスバルブ413、423、433、443及びマスフローコントローラ414、424、434、444等に送られるよう構成されている。逆に、モニター手段6からの信号が制御部7に送られるよう構成されている。

【0024】上記構成にかかる本実施例のプラズマCVD装置の動作について、実施例のその場クリーニング後処理方法の説明も兼ねて以下に述べる。前のプラズマCVD処理が終了すると、基板10を基板搬送系2によって搬出し、反応容器1に隣接して設けられる不図示の予備室等に搬入する。次に、排気系11が反応容器1内を 10^{-3} Pa程度まで排気して残留ガスを排出した後、クリーニングガスのガス導入系42が動作して、三フッ化窒素ガスからなるクリーニングガスを反応容器1内に導入する。この際の流量は、例えば 1000 cm^3 の容積

の反応容器に対して100 sccm程度である。尚、「sccm」とは、「standard cubic centimeter per minute」の略であり、0℃一気圧における毎分の流量 (cm³/分) を意味している。

【0025】このようにクリーニングガスを導入した状態で、高周波電源32を動作させて三フッ化窒素ガスのプラズマを形成する。このプラズマによってフッ素活性種が生成され、反応容器1内の構成物に付着残留した薄膜がこのフッ素活性種によってエッチング除去される。このようなクリーニング処理を所定の方法で終点を確認されるまで行い、その後クリーニングガスの導入及びプラズマ形成手段3の動作を停止させる。この終点を確認する所定の方法とは、例えばプラズマを形成する放電回路の特性値の変化を検出する方法がある。尚、プラズマ形成のために印加される高周波電力は、周波数13.56 MHzで、電力密度(投入電力を高周波電極31の放電面(プラズマ空間を臨む前面)で割った値)が10 W/cm²程度である。

【0026】次に、排気系11が反応容器1内のガスを再び排気し、1 Pa程度まで真空引きする。この状態で、後処理用ガスのガス導入系41が動作してモノシランガスが導入される。この際、水素ガスのガス導入手段43も動作してモノシランガスに所定の流量の水素ガスを混合させる。水素ガス混合比は、全ガスの流量に対して例えば20%程度である。また、具体的には、例えばモノシランガスの流量が96 sccmで水素ガスの流量が24 sccmとする。このように後処理用ガスを導入させた状態でプラズマ形成手段3を動作させ、反応容器1内にプラズマを形成する。これにより、後述するような後処理用ガスとクリーニングガス材料との反応が生じ、反応容器1内に残留していたクリーニングガス材料の除去が行われる。尚、この際に印加される高周波電力は、周波数13.56 Hzで電力密度が0.1 W/cm²程度の大きさである。

【0027】このようにして後処理を行ったのち、排気系11によって再び反応容器1内を排気して10⁻³ Pa程度の圧力に保持し、基板搬送系2を動作させて基板110を反応容器1内に搬入して基板ホルダー5上に載置する。そして、基板薄膜用ガスのガス導入手段41及び水素のガス導入手段43を動作させてモノシランと水素の混合ガスを導入し、プラズマ形成手段3を再び動作させてプラズマを形成する。これによってモノシランの分解反応が生じて、非晶質珪素の薄膜が基板110に作成される。

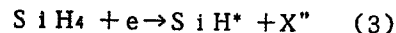
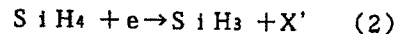
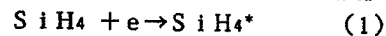
【0028】さて、上述のような本実施例のプラズマCVD装置及びその場クリーニング後処理方法の大きな特徴は、後処理用ガスとして、「作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であってクリーニングガス材料と反応して揮発物を生成させることが可能な反

応性ガス」を使用することである。このような後処理用ガスの選択は、以下のような発明者の研究の結果によるものである。

【0029】まず、後処理用ガスの条件のうち、「作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料」の部分は、後の基板薄膜の作成工程において異物を混入させないという要請に基づくものである。本願の発明者は、研究の過程で、このようなガスのうち、「クリーニングガス材料と反応して揮発物を生成させることが可能な」反応性ガスが存在するのを見出した。前述したように、従来の後処理では、単に水素プラズマによって励起水素を生成してフッ素系ガスと反応させるのみであったため、非常に長い時間がかかっていた。そこで、発明者は、後処理において生成されるプラズマが特定の薄膜を堆積させるよう動作させ、反応容器1内の構成物の表面に薄膜を堆積させてクリーニングガス分子を閉じ込めるようにすることを試みた。前述した従来の励起水素との反応という化学的な手法に対比させると、このような薄膜によるクリーニングガス分子の閉じ込めは「物理的手法」ということができる。

【0030】発明者は、このような予測のもと、後の基板薄膜の作成の際のガスと同じモノシランガスを使用して上記「物理的手法」によるクリーニングガス材料の除去を試みた。すると、水素プラズマのみによる従来の「化学的手法」に比べ大幅な時間短縮が図られたものの、そこで生じているプロセスは、上記のような「物理的手法」を使用しているとは評価し難いものであった。即ち、モノシランガスによって堆積した薄膜によってクリーニングガス材料が閉じ込められるのではなく、モノシランガスとクリーニングガス材料との特定の反応によって揮発物が生成されているとしか評価できないことが判明した。

【0031】この点をさらに詳しく説明する。後処理用ガスとして導入されたモノシラン/水素混合ガスのようなガスの放電プラズマ中では、次のような反応が主に生じることが報告されている(電子技術総合研究所研究報告第864号(1986)、「プラズマCVDによるシリコン薄膜の成長過程に関する研究」)。



【0032】上記反応式において、X', X''は現時点では特定されていない。これらの式のうち、(2)の反応から生じるSiH₃の分子は基板表面に達して非晶質珪素薄膜の作成に寄与する化学種である。また、(3)の反応で生じたSiH*は、基底状態に落ちる際に光を放出し、波長414 nmの発光が観測される。(2)及び(3)の反応は、両者とも一電子過程で生じている。即ち、電子密度n_e、成膜速度V_{depo}について、次のような関係が成立する。

$$n_e \propto [SiH_3], n_e \propto [SiH^*], V_{depo} \propto [SiH_3] \\ \therefore V_{depo} \propto [SiH^*]$$

つまり、 SiH 分子の発光を観測することにより、非晶質珪素成膜の過程をモニターできる。

【0033】一方、反応容器1内に残留したフッ素化学種は、上記 SiH 分子の発光をクエンチング（抑止）するように作用する。即ち、 SiH が励起されて SiH^* になったとしても、たちどころにフッ素化学種と反応して SiF_4 等を生成してしまう。従って、 SiH の発光強度の変化をモニターすることで、フッ素化学種の残留量の増加も同時に知ることができる。

【0034】発明者らは、このような考えのもと、 SiH の発光強度をモニターしながら、上記「珪素系薄膜の堆積によるクリーニングガス分子の閉じ込め」によって後処理が行えるかどうか確かめるべく実験を行った。図2は、この実験の結果を示したものであり、 SiH の発光強度の変化をモニターしながら後処理を行った実験の結果を示す。図2では、縦軸が SiH の発光（波長414nm）の分光発光強度、横軸が時間になっている。

【0035】図2において、 SiH の発光強度の増加は、フッ素化学種の残量の減少に相当している。上記後処理が開始された時点ではフッ素化学種が多く残留しており、従って、クエンチングされる SiH^* の量が多い。つまり、 SiH が励起されて SiH^* になってもフッ素化学種によって抑圧されて SiF_4 等の形になってしまう。従って、この段階では反応容器1内に存在する SiH^* の量は少ない。しかし、後処理が進行し、フッ素化学種の量が少なくなると、上記クエンチング効果が徐々に解消される。これに伴って、反応容器1内の SiH^* が増加する。さらに後処理が進行し、フッ素化学種が完全に除去されると、 SiH^* の増加は飽和して一定の量に安定する。この状態は、 SiH^* の生成が、印加されている高周波電力のエネルギーに応じて平衡に達した状態である。

【0036】上述した考察から、 SiH の発光強度の増加が停止した時点 t_{END} をもって後処理の終了と判断することができる。この t_{END} までの時間は、処理開始から3分程度であり、3分程度の時間で後処理が完了できたことを示している。前述の通り、水素プラズマの励起水素のみを使用した従来例では数十分を要していたことを考えると、かなりの時間短縮が図られたことになる。なお、この際のモノシランガスの流量は12sccm、水素ガスの流量は48sccmであり、印加した高周波電力は、周波数13.56MHzで電力密度は0.1W/cm²程度であった。また、反応容器1内の真空度は100Pa程度であった。

【0037】発明者は、このような大幅な時間短縮が図られる本実施例の後処理プロセスの特性を調べるため、ガス流量、雰囲気圧力、高周波電力等の諸条件について検討を行った。図3及び図4は、このような後処理プロ

セスの特性を調べるために行った実験の結果を示す図である。このうち、図3は、ガス流量を変化させて行った実験の結果を示す図、図4は、雰囲気圧力及びガス流量を変化させて行った実験の結果を示す図である。図2と同様、図3及び図4の縦軸は波長414nmの光の発光強度、横軸は時間である。

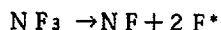
【0038】まず、図3において、曲線（1）はモノシラン24sccmで水素96sccmの流量の場合、曲線（2）はモノシラン18sccmで水素72sccmの流量の場合、曲線（3）はモノシラン12sccmで水素48sccmの流量の場合（図2と同様）、曲線（4）はモノシラン6sccmで水素24sccmの流量の場合の発光強度の時間的変化をそれぞれ示している。また、図4において、曲線（1）は雰囲気圧力が200Paで印加高周波電力が15Wの場合、曲線（2）は雰囲気圧力が100Paで印加高周波電力が15Wの場合（図2と同様）、曲線（3）は雰囲気圧力が150Paで印加高周波電力が10Wの場合、曲線（4）は雰囲気圧力が100Paで印加高周波電力10Wの場合の発光強度の時間変化をそれぞれ示している。

【0039】まず、図3から分かる通り、モノシラン/水素の混合ガスの総流量が増加するにしたがって、後処理終了時点 t_{END} に達するまでの時間が短縮していることが分かる。一方、図4に示すように、雰囲気圧力や印加高周波電力を変更させても、図3に示すような後処理の時間短縮効果は得られないことが分かる。即ちまず図4の曲線（3）と曲線（4）とを比べた結果から、100Paから150Paに圧力を増加させても、後処理終了時点 t_{END} に達するまでの時間は殆ど変化しない。また、図4の曲線（4）と曲線（2）とを比べた結果から、高周波電力を増加させた場合、プラズマ密度が増大によって発光強度の飽和値は増加するものの、後処理終了時点 t_{END} に達するまでの時間は、むしろ増加してしまう。

【0040】尚、図3及び図4に示す実験は、後述のように薄膜堆積が反応律速状態となる条件即ち高周波電力と薄膜形成速度との間に線形関係が成立する範囲で行われている。つまり、高周波電力の増大は、薄膜形成速度の増大を意味する。これを考慮すると、上記図4の結果は従来の予想に反するものである。つまり、高周波電力の増大は薄膜作成速度の増大を伴う。薄膜形成速度が増大すると、薄膜形成によるフッ素化学種の閉じ込めが促進されるから、上記後処理終了までの時間は短縮されると考えられていた。しかしながら現実には図4に示す通り、高周波電力を増大させても後処理終了までの時間は短縮されていない。このことから、上述のような後処理のプロセスにおいては、珪素薄膜の形成はフッ素化学種の除去する上で支配的な過程ではないと判断できる。

【0041】一方、図5は、上記後処理開始前の反応容器1の器壁表面の状態を示した図であり、器壁表面をSEM (Scanning Electron Microscope, 走査型電子顕微鏡) で観察した結果の図である。図5に示すように、反応容器の器壁に付着残留したクリーニングガス材料は、複雑な凹凸を形成している。従って、このような凹凸を完全に覆ってクリーニングガス材料の閉じ込めを行うためには、かなりの膜厚の薄膜を形成しなければならない。高周波電極から離れた位置の器壁表面にこのような厚い膜厚の薄膜を形成するには、かなりの時間がかかり、図2に示したような3分程度の後処理時間内では不可能である。

【0042】三フッ化窒素が付着残留した表面にモノシラン/水素のプラズマを供給した場合、以下のような反応も生じていると考えられる。即ち、プラズマは、三フッ化窒素を分解して



等の反応を生じ、フッ素活性種が生成する。生成されたフッ素活性種は、器壁等に付着して失活し、通常のフッ素化学種となる。このようなフッ素化学種は、モノシランから生成された特定の化学種と反応し、 SiF_4 等の不活性で蒸気圧の高い揮発物を作り出す（以下、このような揮発物を作り出す反応を特に後処理反応と命名する）。そして、このような SiF_4 等のガスは排気系11によって反応容器1から排出されて除去されることになる。なお、この後処理反応により除去されるフッ素化学種は、三フッ化窒素のクリーニングガス材料がそのまま付着している場合もあるし、 NF や NF_2 のように解離した状態で付着している場合もある。また、反応容器1の構成物の材料（例えばアルミニウム）と反応して何らかの化合物を形成した状態で付着している場合もある。

【0043】以上の考察から、本実施例における後処理プロセスは、モノシランガスから生成された特定の化学種（以下、化学種X）とフッ素化学種との反応が支配的な過程であり、前述した珪素薄膜の堆積による三フッ化窒素等の閉じ込めというような現象は本質的に生じていないとみなすことができる。このような化学種Xが生成されるために必要なエネルギーは、珪素薄膜形成に必要なエネルギーに比して著しく低く、印加する高周波電力が僅かな場合でも充分な量が生成される。生成された化学種Xは長い寿命を持ち、プラズマの届きにくい器壁領域にまで拡散して器壁領域に残留するフッ素化学種と反応できる。また、高周波電力の増大させた際の後処理終了までの時間の長期化は、高周波電力の増大により化学種Xの分解が促進されて短寿命の別の化学種Yに変化してしまい、器壁領域まで到達できる化学種Xの絶対量が減少してしまうことに起因すると考えられる。

【0044】このような化学種X及び化学種Yについては、現時点では断定できないが、化学種Xとしては例え

ば SiH_4^* 、化学種Yとしては例えば SiH_3^* 、 SiH^* 、 H^* 等が該当すると予想される。このような観点に立って、図2をもう一度検討してみると、急激に発光強度が増加する期間Aでは、モノシラン/水素のプラズマによって反応容器1内中央の高周波電極31等の構成物に付着残留したフッ素化学種に対する後処理反応が進み、フッ素化学種の急激な減少によって SiH^* の急激な増加をもたらしていると考えられる。しかし反応容器1の器壁部分にはまだ多くのフッ素化学種が付着残留しており、ここから放出されるフッ素化学種によるクエンチングのため、 SiH^* の絶対量は少ない。そして期間Bでは、器壁部分に付着残留したフッ素化学種に対する後処理反応が徐々に進み、 SiH^* が緩やかに増加する。この期間Bは、後処理の全過程の律速段階であると言える。そして、器壁部分に付着残留したフッ素化学種に対する後処理反応が進んでこの部分からのフッ素化学種の放出が無くなると、反応容器1内には全域に亘ってフッ素化学種が除去され、 SiH^* のクエンチングが完全に解消されて SiH^* の増加が停止するのである。

【0045】このように、本実施例の後処理プロセスは、薄膜を堆積させてフッ素化学種を閉じ込めようとして導入した後処理用ガスは、実際には、フッ素化学種と反応して揮発物を生成している、という新規な知見に基づいている。そして、発明者が行った実験の結果は、薄膜が作成されるとしても、それによってフッ素化学種が閉じ込められる訳ではないことを示しているのである。

【0046】このような後処理プロセスの別の重要な条件は、「導入した後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件でこの後処理用ガスを導入する」ということと、「後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件でプラズマ形成手段が後処理用ガスにエネルギーを与える」ということである。この点を図6及び図7を使用して説明する。図6は、プラズマ形成のためにガスに与えるエネルギーと薄膜の堆積速度との関係を示した図であり、図7は、ガス流量と薄膜の堆積速度との関係を示した図である。

【0047】まず、図6に示すように、原料ガスに与えるエネルギーを大きくしていると、エネルギーが小さい場合はエネルギーと堆積速度とが線形関係を有してエネルギーの増大とともに堆積速度も増す。しかし、ある値 E_c 以上はエネルギーを増大させても堆積速度は増加しなくなり、飽和した状態となる。この理由は、次の通りである。即ち、堆積速度は膜堆積に寄与する化学種の量に依存し、堆積速度を増大させるには、この化学種をプラズマによって原料ガスからできるだけ多く作り出すことが必要になる。しかし、このような化学種の生成は、原料ガスが有限である以上必ず上限が存在し、限度以上のエネルギーを与えても原料ガスが増えない限りそのような化学種は増加せず、従って堆積速度は飽和してしま

い上昇しない。従って、この状態で堆積速度を増加させるためには、図6に示すように、ガス流量を増加させて堆積速度の飽和値を上側にもっていくしかない。

【0048】このような堆積速度の特性において、エネルギーと堆積速度とが線形関係を有してエネルギーの増大とともに堆積速度も増大する領域を「反応律速」と呼び、エネルギーを増大させても堆積速度が飽和して上昇しない領域を「供給律速」と呼ぶ。「反応律速」とは、上記化学種の生成が上限に達しておらず、エネルギー増大によってさらに多くの化学種を反応によって生成できるという点で、「反応」が堆積プロセス全体の速度を決定する要因になっているという意味である。また、「供給律速」とは、必要な化学種の反応生成が上限に達しているため、元となる原料ガスの供給を増加させるしかない、つまりガス供給の量が堆積プロセス全体の速度を決定する要因になっているという意味である。

【0049】さて、本実施例のエネルギー即ち高周波電力は、上記のうち堆積速度が「反応律速」となる条件で与えられる。これは、薄膜堆積に必要な化学種の生成反応が高周波電力の増大に対して飽和しない状態とすることである。この構成要件の意味は、二つある。一つは、高周波電力を低下させることにより薄膜堆積を少なくすることである。前述したように、後処理プロセスでは高周波電力を増大させるとかえって後処理時間が長くなる。このことは、後処理プロセスでは、高周波電力を低下させて行うことができることを意味する。高周波電力が低下すると、上記「反応律速」の状態では薄膜の堆積速度が低下する。堆積速度が低下することとは、後処理プロセスにおける不要な薄膜堆積を抑制することができることを意味し、このことは次の基板薄膜作成工程の後のその場クリーニング等のクリーニング工程における所要時間を短くできる効果がある。二つめの意味は、完全に解明された訳ではないが、本実施例のような後処理プロセスは、「反応律速」状態となるような低いエネルギーの場合の方がより促進されるという点にある。これは、前述したように後処理反応を可能とする化学種Xは比較的小さいエネルギーにおいて充分生成され、エネルギーが大きくなると後処理が困難な別の化学種Yに解離してしまうとの推定によるものである。

【0050】次に、ガス流量に関して、図7を用いて説明する。図7に示すように、ガス流量についてもエネルギーと同様、流量が少ないうちは流量と堆積速度は線形関係を有して上昇するが、ある値 F_c 以上の流量では飽和して堆積速度は増加しなくなる。これは、与えられるエネルギーが有限であるため薄膜堆積に必要な化学種の生成反応が飽和して上限に達してしまうという理由に基づく。従って、この状態で堆積速度を増加させるためには、図7に示すように、投入エネルギーを増大させて堆積速度の飽和値を上側にもっていくしかない。この図7を図6に対応させると、ガス流量と堆積速度が線形関係

を有して上昇する領域が「供給律速」の状態であり、ガス流量の増加にかかわらず堆積速度が飽和して一定になった領域が「反応律速」の状態である。

【0051】前述の通り、本実施例の後処理は、「堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスを導入する」ものであるが、これは、次のような意味を持つ。即ち、反応律速状態では、図7に示す通りガス流量を増大させても堆積速度は増加しない。一方、前述した通り、後処理終了までの所要時間は、ガス流量を増加させるに従って短くなる傾向を示した。従って、反応律速状態を保持することで、ガス流量を増加させることによって薄膜堆積を促進することなく後処理反応のみを促進させることが可能となるのである。

【0052】尚、前述のモノシランの例のように、基板薄膜作成の際と同じガスを後処理用ガスとして使用する場合の上記投入エネルギー及びガス流量の条件について補助的に説明すると、薄膜の堆積を抑制する意味で、基板薄膜作成時よりも小さいエネルギーを与えることが好適である。また、後処理に要する時間を短くする意味で、基板薄膜形成時よりも多い流量で後処理用ガスを導入しておくことが好適である。これらのことをまとめて表現すると、結局、「単位エネルギーあたりのガス流量」（単位は例えばリットル/ジュール）を基板薄膜作成時よりも大きくしておくことになる。尚、ガス流量の調整はガス導入手段4に設けられたマスフローコントローラ414、424、434、444によって行われるが、上述のように通常よりも多い量のガスを安定して精度よく導入することができると高信頼性のマスフローコントローラを使用することが好ましい。

【0053】次に、本実施例の別の特徴点である後処理の停止機構について説明する。すなわち、本実施例では、生成物の量をモニターするモニター手段6からの信号によって制御部7が後処理を停止させるよう構成されている。前述したように、分光器からなるモニター手段6は、SiHの発光である414nmの光の発光強度を検出できるよう構成されており、このモニター手段6からの信号は制御部7に送られるようになっている。

【0054】制御部7では、この検出信号のデータを格納する不図示の記憶部が設けられており、送られたデータが逐次記憶される。制御部7は、記憶されたデータを前のデータと比較し、発光強度の増加が無くなったと判断すると、ガス導入手段4及びプラズマ形成手段3に後処理停止信号を送るよう構成されている。具体的には、制御部7のメモリにこのような処理プログラムが格納されている。このような構成により、制御部7は、発光強度の増加が無くなったと判断した時点で後処理を自動停止させるのである。尚、このような停止機構が無いと、場合によっては後処理終了後も後処理用ガスが供給される恐れがある。このような過剰がガス供給やプラズマ形成手段3の動作があると、シランガスの分解による珪素

薄膜の堆積量が多くなる等の問題が発生し、次の基板薄膜作成工程の後に行われるクリーニング工程の所要時間が長くなったり、反応容器1を大気圧に戻しての定期的なクリーニングの頻度が増す等の問題が派生する。

【0055】上記実施例では、クリーニングガスとして三フッ化窒素を用いたが、四フッ化炭素や六フッ化硫黄、三フッ化塩素等のようなフッ素化合物のガスもクリーニングガスとして使用可能である。特に、三フッ化塩素ガスを使用した場合、プラズマを形成させることなく珪素化合物の残留付着物を除去できる。また、プラズマを形成させる場合にも、フッ素化合物ガスにアルゴン等の不活性ガスを60~80%程度添加することで、プラズマ密度を増加させ、クリーニング効率を上昇させることができる。尚、本願における「フッ素系のガス」とは、フッ素ガス及びフッ素化合物のガスを含む概念である。

【0056】後処理用ガスとしては、基板薄膜として非晶質珪素薄膜を後に作成するためモノシランガスを使用した。これに限られず、ジシラン、トリシラン、テトラシラン等の他のシランガスも使用可能である。このようなシランガスは、多結晶珪素薄膜や単結晶珪素薄膜を作成する際にも使用できるのは明かである。また、後に酸化珪素薄膜を作成する場合には、上記シランガスに笑気ガスを混合して後処理用ガスとすれば良いし、窒化珪素薄膜を作成する場合には、シランガスに窒素ガスを混合して後処理用ガスとすれば良い。さらに、炭化珪素薄膜を後に基板薄膜として作成する場合には、シランとメタンとの混合ガスが後処理用ガスとして使用できる。尚、本願における「珪素系の薄膜」とは、珪素薄膜又は珪素化合物の薄膜を含む概念である。

【0057】尚、後処理において「薄膜」と呼び得るものが反応容器1内の構成物の表面に堆積することは、本実施例の必須要件ではない。即ち、モノシランガスを後処理用ガスとして使用した場合、前述した後処理反応に引き続き、モノシランの分解反応によって珪素系の薄膜が反応容器内に堆積する場合があると考えられる。しかしながら、薄膜の堆積が完了する時点では、フッ素化学種は後処理反応によって揮発物を形成して除去されているので、堆積した薄膜中へのフッ素化学種の閉じ込めという現象は本質的に生じない。この点は、前述した図4及び図5の説明から明かであろう。

【0058】また、前述したプラズマ形成手段3の構成は、放電空間の容量で高周波回路を結合した容量結合型高周波プラズマということが出来るが、これ以外にも、反応容器1の周囲に配置した高周波コイルによるもの、反応容器1内に挿通した高周波アンテナによるもの、導波管を反応容器1に接続して高周波を導入するもの等を採用することができる。高周波以外のものとしては、E C R (Electron Cycrotron Resonance, 電子サイクロトロン共鳴) 放電を利用する

もの、ヘリコン波プラズマを形成するもの、さらには、直流二極放電を利用するもの等が、プラズマ形成手段として採用することができる。

【0059】また、モニター手段6としては、SiHの発光強度を検出する分光器の例を取り上げたが、これ以外にも、Siの発光を検出する方法や、その場クリーニングの終点検出として説明したプラズマ放電の特性値を検出する方法等を採用することができる。さらに、プラズマ中の生成物を質量分析計等によってモニターする方法も採用することが可能である。

【0060】

【発明の効果】以上説明した通り、本願の請求項1記載のプラズマCVD装置又は請求項8記載のその場クリーニング後処理方法によれば、クリーニング後の後処理が短時間に効率的に行われ、良質な基板薄膜を高い生産性で作成することができる。また、請求項2のプラズマCVD装置又は請求項9のその場クリーニング後処理方法によれば、上記請求項1又は8の効果に加え、薄膜形成用ガスと同じガスが後処理用ガスとして採用されるので、基板薄膜の品質をさらに向上させることができるという効果が得られる。また、請求項3のプラズマCVD装置又は請求項10のその場クリーニング後処理方法によれば、上記請求項2又は9の効果に加え、多量の後処理用ガスを流すことによりさらに短時間に後処理を終了することができ、この点でさらに薄膜の生産性を向上させることができる。また、請求項4のプラズマCVD装置又は請求項11のその場クリーニング後処理方法によれば、珪素系の薄膜を作成するに際し、上記請求項1, 2若しくは3又は請求項8, 9若しくは10の効果を達成することができる。また、請求項5若しくは6のプラズマCVD装置又は請求項12若しくは13のその場クリーニング後処理方法によれば、上記請求項1, 2, 3若しくは4の効果又は8, 9, 10若しくは11の効果において、クリーニングガス中の減少がモニターされるので、減少が停止した時点の後処理終了の時点とすることができ、最適な後処理時間を設定することができるという効果が得られる。また、請求項7のプラズマCVD装置又は請求項14のその場クリーニング後処理方法によれば、上記請求項5若しくは6又は請求項12若しくは13の効果において、後処理終了と判断された時点で自動的に処理が終了されるので、後処理が過剰に行われることによる問題を未然に防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明のプラズマCVD装置の実施例を説明する側面概略図である。

【図2】図1のプラズマCVD装置において、SiHの発光強度の変化をモニターしながら後処理を行った実験の結果を示す図である。

【図3】図1のプラズマCVD装置において、ガス流量を変化させて行った実験の結果を示す図である。

【図4】図1のプラズマCVD装置において、雰囲気圧力及びガス流量を変化させて行った実験の結果を示す図である。

【図5】後処理開始前の反応容器の器壁表面の状態を示した図であり、器壁表面をSEMで観察した結果の図である。

【図6】プラズマ形成のためにガスに与えるエネルギーと薄膜の堆積速度との関係を示した図である。

【図7】ガス流量と薄膜の堆積速度との関係を示した図である。

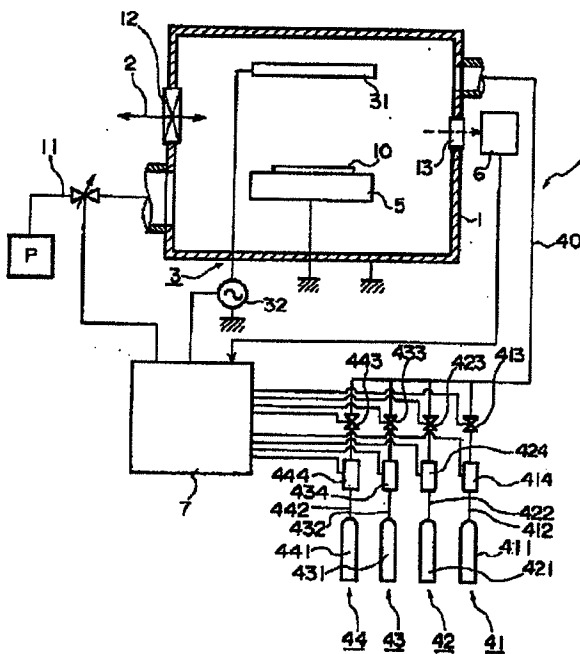
【図8】プラズマCVD法を実施する従来のプラズマC

VD装置の構成を説明する側面概略図である。

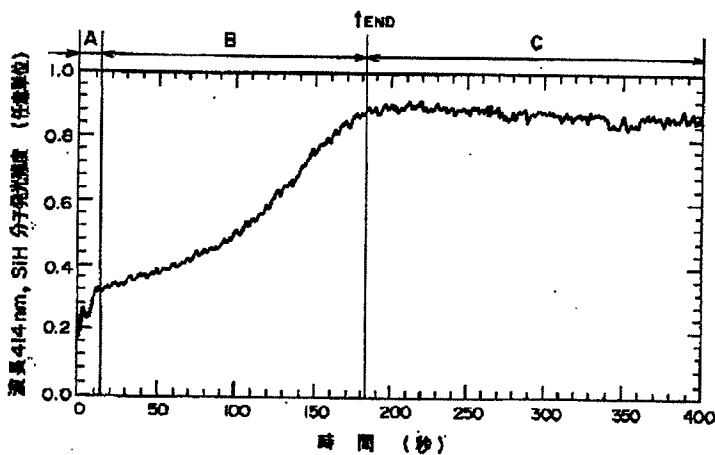
【符号の説明】

- 1 反応容器
- 10 基板
- 11 排気系
- 2 基板搬送系
- 3 プラズマ形成手段
- 4 ガス導入手段
- 5 基板ホルダー
- 10 6 モニター手段
- 7 制御部

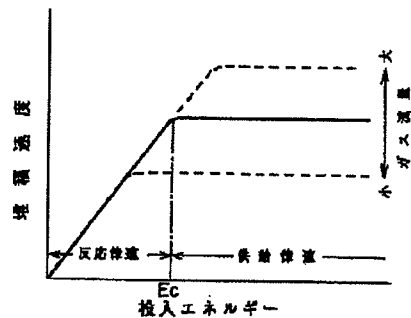
【図1】



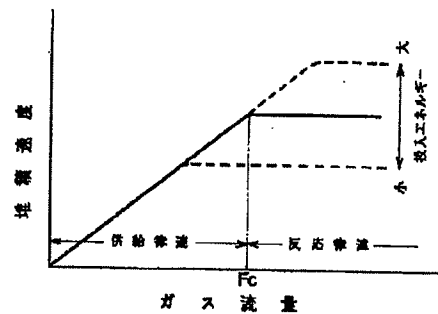
【図2】



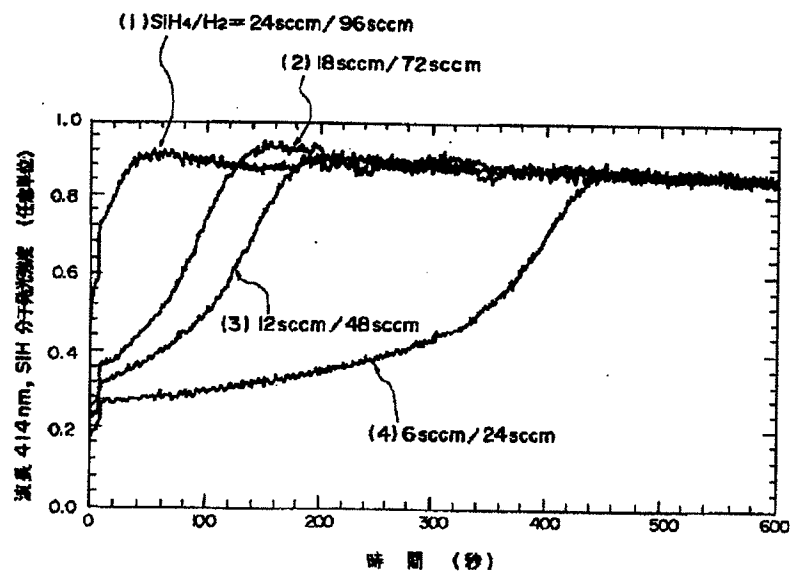
【図6】



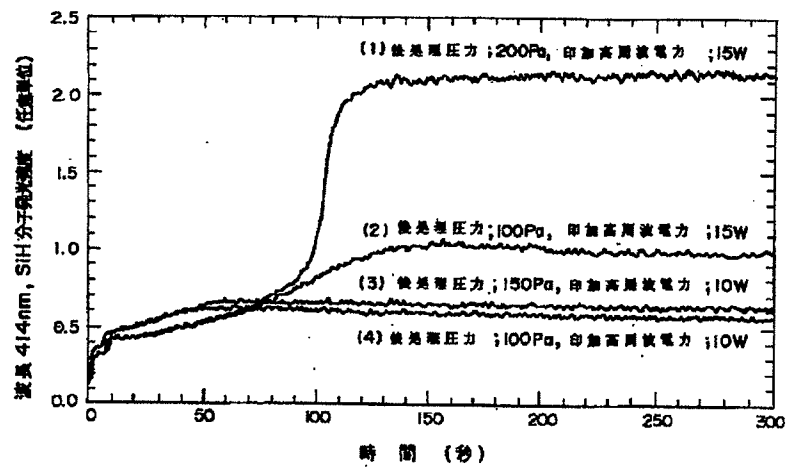
【図7】



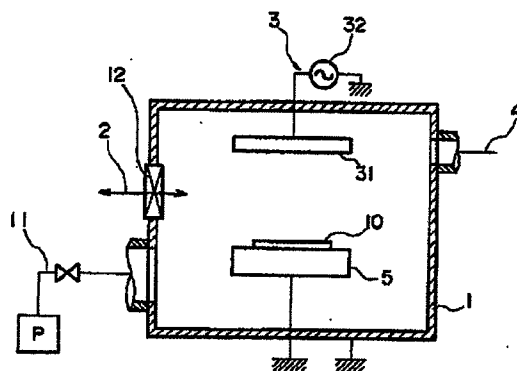
【図3】



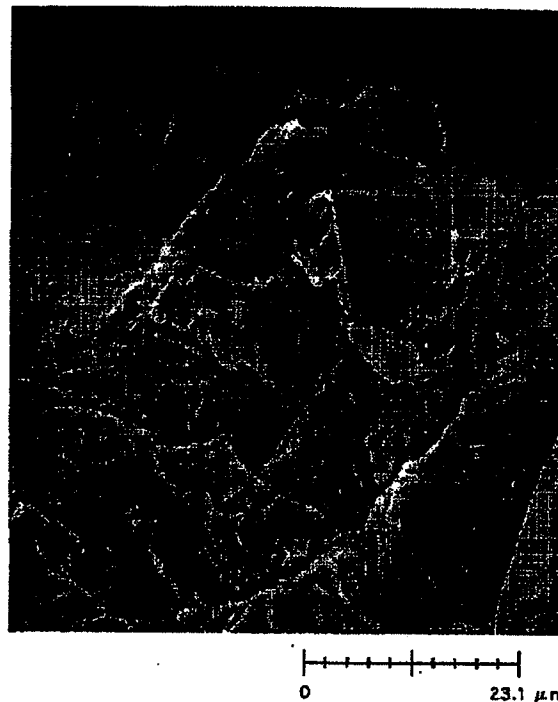
【図4】



【図8】



【図5】



【手続補正書】

【提出日】平成7年9月20日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 排気系を備えて内部が排気可能に構成された反応容器と、該反応容器内にプラズマを形成するプラズマ形成手段と、薄膜作成用の反応性ガスを反応容器内へ導入するガス導入手段とを有し、該プラズマ形成手段によってプラズマを生成しこのプラズマによって反応性ガスを反応させ、反応容器内に配置された基板に基板薄膜を作成するプラズマCVD装置であって、前記ガス導入手段は、前のプラズマCVD処理によって反応容器内の構成物に付着残留した材料と反応してこの材料を除去するクリーニングガスを導入するガス導入系と、この除去の後に反応容器内に付着残留したクリーニングガス材料を除去するための後処理用ガスを導入するガス導入系とを含み、この後処理用ガスのガス導入系は、作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であって前記ク

リーニングガス材料と反応して揮発物を生成することが可能な反応性ガスを後処理用ガスとして導入するものであり、かつ、この後処理用ガスのガス導入系は、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスを後処理の際に導入するものであり、

さらに、前記プラズマ形成手段は、付着残留したクリーニングガス材料に後処理用ガスを反応させて前記排気系により排気される揮発物を生成してクリーニングガス材料を閉じ込めることなく除去することが可能なプラズマを形成するものであり、かつ、このプラズマ形成手段は、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件でエネルギーを後処理の際に後処理用ガスに与えるものであることを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項2】 前記後処理用ガスには、前記薄膜作成用の反応性ガスと同じガスが採用されていることを特徴とする請求項1記載のプラズマCVD装置。

【請求項3】 前記後処理用ガスのガス導入系は、前記プラズマ形成手段が与えるエネルギーの単位エネルギー当たりの流量が基板薄膜の作成時よりも多くなるように後処理用ガスを後処理の際に反応容器に導入することが

できるよう構成されていることを特徴とする請求項2記載のプラズマCVD装置。

【請求項4】 前記基板に作成する基板薄膜は珪素系の薄膜であり、前記クリーニングガスはフッ素系のガスであり、前記後処理用ガスはシランであることを特徴とする請求項1、2又は3記載のプラズマCVD装置。

【請求項5】 前記後処理用ガスとの反応による前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少をモニターするモニター手段を備えていることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載のプラズマCVD装置。

【請求項6】 前記モニター手段は、前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少によって変量する反応容器内の生成物のプラズマ発光強度を検出する分光器であることを特徴とする請求項5記載のプラズマCVD装置。

【請求項7】 前記モニター手段からの信号により、前記クリーニングガスを除去するための後処理を停止させる制御部を備えたことを特徴とする請求項6記載のプラズマCVD装置。

【請求項8】 排気系を備えて内部が排気可能に構成された反応容器内に基板を配置し、該反応容器内にプラズマを形成するとともに薄膜作成用の反応性ガスを反応容器内へ導入してプラズマにより所定の反応を生じさせて基板に基板薄膜を作成する際に、前のプラズマCVD処理によって反応容器内の構成物に付着残留した材料と反応してこの材料を除去することが可能なクリーニングガスを反応容器内へ導入してクリーニングするその場クリーニングの後に行われる後処理方法であって、作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であって前記クリーニングガス材料と反応して揮発物を生成することが可能な材料の反応性ガスを後処理用ガスとして導入するとともに、その際の後処理用ガスの流量の条件を、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となるような条件とし、さらに、後処理用ガスにエネルギーを与えてプラズマを形成し、このプラズマによって、付着残留したクリーニングガス材料に後処理用ガスを反応させて揮発物を生成し、この揮発物を前記排気系により排気することでクリーニングガス材料を閉じ込めることなく除去するとともに、その際、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスにエネルギーを与えることを特徴とするその場クリーニング後処理方法。

【請求項9】 前記後処理用ガスには、前記薄膜作成用の反応性ガスと同じガスが採用されていることを特徴とする請求項8記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項10】 前記後処理工程では、後処理用ガスに与えられるエネルギーの単位エネルギー当たりの流量が基板薄膜の作成時よりも多くなるように後処理用ガスを反応容器内へ導入することを特徴とする請求項9記載の

その場クリーニング後処理方法。

【請求項11】 前記基板に作成する基板薄膜は珪素系の薄膜であり、前記クリーニングガスはフッ素系のガスであり、前記後処理用ガスはシランであることを特徴とする請求項8、9又は10記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項12】 前記後処理用ガスとの反応による前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少をモニターすることを特徴とする請求項9、10又は11記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項13】 前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少のモニターは、この化学種の減少によって変量する反応容器内の生成物のプラズマ発光強度を分光器で検出することにより行われることを特徴とする請求項12記載のその場クリーニング後処理方法。

【請求項14】 前記モニター手段が、前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少が停止したのを検出した際に、前記クリーニングガスを除去するための後処理を停止することを特徴とする請求項12又は13記載のその場クリーニング後処理方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本願の請求項1記載の発明は、排気系を備えて内部が排気可能に構成された反応容器と、該反応容器内にプラズマを形成するプラズマ形成手段と、薄膜作成用の反応性ガスを反応容器内へ導入するガス導入手段とを有し、該プラズマ形成手段によってプラズマを生成しこのプラズマによって反応性ガスを反応させ、反応容器内に配置された基板に基板薄膜を作成するプラズマCVD装置であって、前記ガス導入手段は、前のプラズマCVD処理によって反応容器内の構成物に付着残留した材料と反応してこの材料を除去するクリーニングガスを導入するガス導入系と、この除去の後に反応容器内に付着残留したクリーニングガス材料を除去するための後処理用ガスを導入するガス導入系とを含み、この後処理用ガスのガス導入系は、作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であって前記クリーニングガス材料と反応して揮発物を生成することが可能な反応性ガスを後処理用ガスとして導入するものであり、かつ、この後処理用ガスのガス導入系は、導入した後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスを後処理の際に導入するものであり、さらに、前記プラズマ形成手段は、付着残留したクリーニングガス材料に後処理用ガスを反応させて前記排気系により排気される揮発物を生成してクリーニングガス材料を

閉じ込めることなく除去することが可能なプラズマを形成するものであり、かつ、このプラズマ形成手段は、導入される後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件でエネルギーを後処理の際に後処理用ガスに与えるものであるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項2記載の発明は、上記請求項1の構成において、後処理用ガスには、薄膜作成用の反応性ガスと同じガスが採用されているという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項3記載の発明は、上記請求項2の構成において、後処理用ガスのガス導入系は、プラズマ形成手段が与えるエネルギーの単位エネルギー当たりの流量が基板薄膜の作成時よりも多くなるように後処理用ガスを後処理の際に反応容器に導入することができるよう構成されている。

また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項4記載の発明は、上記請求項1、2又は3の構成において、基板に作成する基板薄膜は珪素系の薄膜であり、クリーニングガスはフッ素系のガスで、後処理用ガスはシランであるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項5記載の発明は、上記請求項1、2、3又は4の構成において、後処理用ガスとの反応によるクリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少をモニターするモニター手段を備えているという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項6記載の発明は、上記請求項5の構成において、モニター手段は、クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少によって変量する反応容器内の生成物のプラズマ発光強度を検出する分光器であるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項7記載の発明は、上記請求項6の構成において、モニター手段からの信号により、クリーニングガスを除去するための後処理を停止させる制御部を備えている。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項8記載の発明は、排気系を備えて内部が排気可能に構成された反応容器内に基板を配置し、該反応容器内にプラズマを形成するとともに薄膜作成用の反応性ガスを反応容器内へ導入してプラズマにより所定の反応を生じさせて基板に基板薄膜を作成する際に、前のプラズマCVD処理によって反応容器内の構成物に付着残留した材料と反応してこの材料を除去することが可能なクリーニングガスを反応容器内に導入してクリーニングするその場クリーニングの後に行われる後処理方法であって、作成する基板薄膜の含有元素と共通した元素を有する材料であって前記クリーニングガス材料と反応して揮発物を生成することが可能な材料の反応性ガスを後処理用ガスとして導入するとともに、その際の後処理用ガスの流量の条件を、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となるような条件とし、さらに、後処理用ガスにエネルギーを与えてプラズマを形成し、このプラズ

マによって、付着残留したクリーニングガス材料に後処理用ガスを反応させて揮発物を生成し、この揮発物を前記排気系により排気することでクリーニングガス材料を閉じ込めることなく除去するとともに、その際、後処理用ガスによって堆積する薄膜の堆積速度が反応律速状態となる条件で後処理用ガスにエネルギーを与えるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項9記載の発明は、上記請求項8の構成において、後処理用ガスには、薄膜作成用の反応性ガスと同じガスが採用されているという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項10記載の発明は、上記請求項9の構成において、後処理工程では、後処理用ガスに与えられるエネルギーの単位エネルギー当たりの流量が基板薄膜の作成時よりも多くなるように後処理用ガスを反応容器内に導入するという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項11記載の発明は、上記請求項9又は10の構成において、基板に作成する基板薄膜は珪素系の薄膜であり、クリーニングガスはフッ素系のガスで、後処理用ガスはシランであるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項12記載の発明は、上記請求項9、10又は11の構成において、後処理用ガスとの反応によるクリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少をモニターするという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項13記載の発明は、上記請求項12の構成において、クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少のモニターは、前記クリーニングガス材料中の除去すべき化学種の減少によって変量する反応容器内の生成物のプラズマ発光強度を分光器で検出することにより行われるという構成を有する。また同様に上記目的を達成するため、本願の請求項14記載の発明は、上記請求項13の構成において、生成物の量の増加が飽和したのを検出した際に、クリーニングガスを除去するための後処理を停止するという構成を有する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】ガス導入手段4は、複数種のガスを反応容器1に導入できるよう、複数のガス導入系41、42、43、44から構成されている。各々のガス導入系41、42、43、44は、所定のガスを収容したガスタンク411、421、431、441と、ガスタンク411、421、431、441を反応容器1に連通させる配管412、422、432、442と、配管412、422、432、442上に設けられたコンダクタンスバルブ413、423、433、443、マスフローコントローラ414、424、434、444及び不

図示の流量計やフィルター等から構成されている。上記ガス導入手段4は、薄膜作成用ガスのガス導入系41と、クリーニングガスのガス導入系42と、後処理用ガスのガス導入系41とを含み、その他、プラズマ生成のために補助的に導入される補助ガスのガス導入系43やキャリアガスのガス導入系44等を備えている。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】具体的なガスの例について説明すると、薄膜作成用ガスのガス導入系41はモノシランガスを導入するものであり、クリーニングガスのガス導入系42はクリーニングガスとして三フッ化窒素を導入するよう構成されている。また、後処理用ガスとしては、後述のように薄膜作成用ガスと同じモノシランガスが用いられており、薄膜作成用ガスのガス導入系41と後処理用ガスのガス導入系41とは兼用されている。尚、本実施例では、補助ガスとして水素ガスがモノシランガスに混合されて導入されるようになっており、水素ガスのガス導入系43を備えている。これらのガス導入系41、42、43、44の配管412、422、432、442は、反応容器1に接続された主配管40に接続されている。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】尚、図3及び図4に示す実験は、後述のように薄膜堆積が反応律速状態となる条件即ち高周波電力と薄膜堆積速度との間に線形関係が成立する範囲で行われている。つまり、高周波電力の増大は、薄膜堆積速度の増大を意味する。これを考慮すると、上記図4の結果は従来の予想に反するものである。つまり、高周波電力の増大は薄膜堆積速度の増大を伴う。薄膜堆積速度が増大すると、薄膜堆積によるフッ素化学種の閉じ込めが促進されるから、上記後処理終了までの時間は短縮されることが考えられていた。しかしながら現実には図4に示す通り、高周波電力を増大させても後処理終了までの時間は短縮されていない。このことから、上述のような後処理のプロセスにおいては、珪素薄膜の堆積はフッ素化学種の除去する上で支配的な過程ではないと判断できる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正内容】

【0041】一方、図5は、上記後処理開始前の反応容器1の器壁表面の状態を示した図であり、器壁表面をS

EM (Scanning Electron Microscope, 走査型電子顕微鏡) で観察した結果の図である。図5に示すように、反応容器の器壁に付着残留したクリーニングガス材料は、複雑な凹凸を形成している。従って、このような凹凸を完全に覆ってクリーニングガス材料の閉じ込めを行うためには、かなりの膜厚の薄膜が堆積しなければならない。高周波電極から離れた位置の器壁表面にこのような厚い膜厚の薄膜が堆積するには、かなりの時間がかかり、図2に示したような3分程度の後処理時間内では不可能である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正内容】

【0043】以上の考察から、本実施例における後処理プロセスは、モノシランガスから生成された特定の化学種（以下、化学種X）とフッ素化学種との反応が支配的な過程であり、前述した珪素薄膜の堆積による三フッ化窒素等の閉じ込めというような現象は本質的に生じていないとみなすことができる。このような化学種Xが生成されるために必要なエネルギーは、珪素薄膜堆積に必要なエネルギーに比して著しく低く、印加する高周波電力が僅かな場合でも充分な量が生成される。生成された化学種Xは長い寿命を持ち、プラズマの届きにくい器壁領域にまで拡散して器壁領域に残留するフッ素化学種と反応できる。また、高周波電力の増大させた際の後処理終了までの時間の長期化は、高周波電力の増大により化学種Xの分解が促進されて短寿命の別の化学種Yに変化してしまい、器壁領域まで到達できる化学種Xの絶対量が減少してしまうことに起因すると考えられる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正内容】

【0052】尚、前述のモノシランの例のように、基板薄膜作成の際と同じガスを後処理用ガスとして使用する場合の上記投入エネルギー及びガス流量の条件について補助的に説明すると、薄膜の堆積を抑制する意味で、基板薄膜作成時よりも小さいエネルギーを与えることが好適である。また、後処理に要する時間を短くする意味で、基板薄膜作成時よりも多い流量で後処理用ガスを導入しておくことが好適である。これらのことをまとめて表現すると、結局、「単位エネルギーあたりのガス流量」（単位は例えばリットル/ジュール）を基板薄膜作成時よりも大きくしておくことになる。尚、ガス流量の調整はガス導入手段4に設けられたマスフローコントローラ414、424、434、444によって行われるが、上述のように通常よりも多い量のガスを安

定して精度よく導入することができるような高信頼性のマスフローコントローラを使用することが好ましい。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0060

【補正方法】変更

【補正内容】

【0060】

【発明の効果】以上説明した通り、本願の請求項1記載のプラズマCVD装置又は請求項8記載のその場クリーニング後処理方法によれば、クリーニング後の後処理が短時間に効率的に行われ、良質な基板薄膜を高い生産性で作成することができる。また、請求項2のプラズマCVD装置又は請求項9のその場クリーニング後処理方法によれば、上記請求項1又は8の効果に加え、薄膜作成用ガスと同じガスが後処理用ガスとして採用されるので、基板薄膜の品質をさらに向上させることができるという効果が得られる。また、請求項3のプラズマCVD装置又は請求項10のその場クリーニング後処理方法によれば、上記請求項2又は9の効果に加え、多量の後処

理用ガスを流すことによりさらに短時間に後処理を終了することができ、この点でさらに薄膜作成の生産性を向上させることができる。また、請求項4のプラズマCVD装置又は請求項11のその場クリーニング後処理方法によれば、珪素系の薄膜を作成するに際し、上記請求項1、2若しくは3又は請求項8、9若しくは10の効果をj得ることができる。また、請求項5若しくは6のプラズマCVD装置又は請求項12若しくは13のその場クリーニング後処理方法によれば、上記請求項1、2、3若しくは4の効果又は8、9、10若しくは11の効果において、クリーニングガス中の減少がモニターされるので、減少が停止した時点の後処理終了の時点とすることができ、最適な後処理時間を設定することができるという効果が得られる。また、請求項7のプラズマCVD装置又は請求項14のその場クリーニング後処理方法によれば、上記請求項5若しくは6又は請求項12若しくは13の効果において、後処理終了と判断された時点で自動的に処理が終了されるので、後処理が過剰に行われることによる問題を未然に防ぐことができる。

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H01L 21/31

// H01L 21/3065

識別記号

庁内整理番号

FI

H01L 21/31

21/302

技術表示箇所

C

N